A G E N Z I A D E L D E M A N I O

DIREZIONE REGIONALE LIGURIA

SERVIZI TECNICI

SPOTORNO
TERRAPIENO IN LOCALITA' SERRA

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRAPIENO EX DISCARICA SITA NEL COMUNE DI SPOTORNO, LOC. SERRA (SV), IDENTIFICATA AL C.T. DEL COMUNE DI SPOTORNO, AL FOGLIO 10, PART. 1441/PARTE



PROGETTO DEFINITIVO

Rev. 27 dicembre 2019

El. Q

27/09/2019

RELAZIONE GEOTECNICA

Committente: Agenzia del Demanio - Direzione Regionale Liguria

Dirigente: dott. Mario Parlagreco

Responsabile del Procedimento: arch. Riccardo Blanco

RTP: Ing. Paolo GAGGERO - Geol. Alberto DRESSINO - Ing. Luca ROSSI

BLANCO RICCA
2020.01.14 10:54:01
CN=BLANCO RICCARDO
C=IT
O=AGENZIA DEL DEMANI
2.5.4.12=Non Definito
RSA/2048 bits

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
PAOLO GAGGERO
INGEGNERE
N° 463

Elaborato Q

RELAZIONE GEOTECNICA

Rev. 27 dicembre 2019

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

INDICE

1. PREMESSE 2
2. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE 3
3. VERIFICA DI STABILITA' DEL RILEVATO 7

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

1. PREMESSE

Il terrapieno in località Serra a Spotorno risulta in forte erosione, in esito alle mareggiate invernali ed ancor più dall'eccezionale evento meteomarino intercorso nelle giornate del 29/30 ottobre 2018.

L'assenza di una protezione lato mare del terrapieno ne provoca il sistematico impoverimento con conseguente perdita di materiale e sversamento dello stesso a mare. Ne conseguono gravi effetti in esito alla natura dello stesso (ex discarica) ed alla destinazione d'uso ludico ricreativa che ne caratterizza i periodi estivi.

La discarica, o meglio la sua messa in sicurezza, è oggetto di procedura tra l'Amministrazione Comunale e l'Agenzia del Demanio, proprietaria. In esito ad un contenzioso e sulla base di valutazioni conseguentemente intervenute, l'Amministrazione Comunale si è impegnata a produrre un progetto di fattibilità tecnico-economica di messa in sicurezza del fronte della discarica che, in forte erosione durante le mareggiate, sparge materiale lapideo nell'intorno a discapito del perimetro sommitale frequentato dal pubblico.

Il presente progetto definitivo ha affrontato i temi e la soluzione progettuale individuata dal progetto di fattibilità tecnico-economica sopra citato e ne ha sviluppato i temi.

Si anticipa che, come è possibile osservare a pagina 9, le conclusioni del geologo sono positive in quanto non sussistono condizioni di rischio per un possibile evento critico della scarpata in massi; pertanto la soluzione progettuale è idonea a sostenere il terrapieno.



RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

2. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

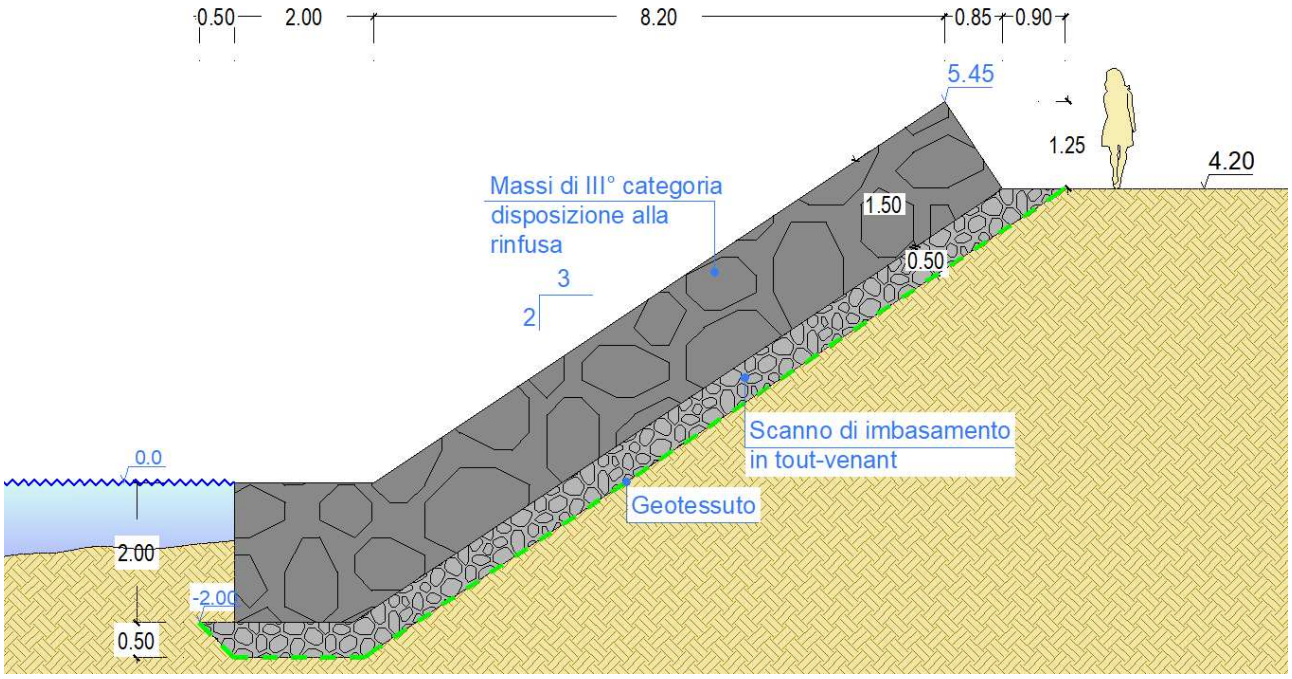
La difesa del terrapieno è realizzata mediante una scarpata in massi di III° categoria con peso unitario molto alto e vicino al limite inferiore della IV° categoria (peso di verifica 6.61 ton). D'altra parte la pendenza scelta per la scarpata (3/2) è opportuna realizzare l'ampliamento del piano superiore a valori ottimali.

L'altezza totale del paramento, rispetto a quota 0 sul l.m.m. è apri a 4.20 ml.

Il fronte della scarpata, ricavato con il versamento del materiale scavato in superficie, esercita pertanto una pressione sul livello 0 per a

1800 x 4.20 = 7'560 kg/mq

corrispondente ad un carico di 0.75 kg/cmq del tutto accettabile considerata la matrice litoide presente.



La struttura dell'opera di contenimento e difesa è costituita da un semplice strato di massi di III° categoria oltre ad uno strato filtro di 50 cm di materiale minuto (tout-venant, scapolame) separato dal terreno retrostante mediante un geotessuto permeabile che impedisce il dilavamento del materiale durante le piogge e l'attacco delle ondazioni.

Lo strato di massi è spesso circa 1.50 ml. Il peso unitario sul terreno del fronte inclinato è pari a circa 2.6 x 0.80 x 1.50 = 3.12 ton/mq, corrispondente a 0.30 kg/cmq, anch'esso coerente alle caratteristiche del terreno indicate nella relazione geologica: angolo di attrito 38°.

Quest'ultimo valore è confortante rispetto alla inclinazione dell'opera di difesa, pari a

arctg (2/3) = 33.7°

inferiore all'angolo di attrito.

La stabilità dei massi in scarpata è valutata nella relazione Elab. B – Compendio relazioni tecniche, paragrafo 5, e qui riportata

A vantaggio di sicurezza nel presente progetto riteniamo di poter utilizzare, per i dimensionamenti, le caratteristiche dell'onda significativa ricavata dalla teoria dell'onda solitaria, sviluppata sulla profondità finale di 3,5 ÷ 4,0 ml, corrispondenti pertanto a

0.78 x 3,5 ÷ 4,0 = 2,75 ÷ 3.12

assunto pari a 3.00 m.

La verifica è condotta con l'espressione di Hudson (1959) che è quella più largamente usata per ricavare il peso degli elementi della mantellata ed è stata ricavata in base ad un gran numero di risultati sperimentali.

$$W = \frac{\gamma \cdot H^3}{K_D \cdot (\gamma/\gamma_w - 1)^3 \cdot \cot\theta}$$

In cui :

γ = densità del materiale costituente la mantellata (2.600 kgg/mc)

γ_W = densità dell'acqua di mare (1.030 kg/mc)

H = Altezza dell'onda di calcolo = 3,00 m

K_D = E' un coefficiente di stabilità in funzione della forma dei massi, della scabrezza superficiale della mantellata, del grado di ammorsamento dei massi, dell'ubicazione della sezione allo studio (Sezione corrente o di testata), assunto pari a 2 (onda frangente su masso naturale a spigoli vivi);

θ = Angolo che la scarpata forma con l'orizzontale, p nel caso in esame $\cot\theta$ = 1,5

Risulta

W = 6,61 t

pertanto dovranno essere utilizzati massi di III° categoria caratterizzati da un singolo tonnellaggio almeno pari al valore individuato.

RTP

Dott. Ing. PAOLO GAGGERO
Via Pia 130 r – 17100 Savona
ing.gaggero@libero.it
paolo.gaggero21@ingpec.eu

Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO
Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure
albertodressino@tin.it
albertodressino@comune.pec.it

Dott. Ing LUCA ROSSI
Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte
luca87.rossi@hotmail.com
luca87.rossi@ingpec.eu

SPOTORNO - TERRAPIENO EX DISCARICA IN LOCALITÁ SERRA

FORMULA di HUDSON

La formula di Hudson e rappresentata dalla seguente espressione

$$W=(Wr/(Sr-1)^3*A^3/(Kctg@))$$

dove

Wr e' il peso specifico del litotipo usato per la scarpata	= t/mc	2,6	
A e' l'altezza d'onda incidente sull'opera	= m	3,00	
ctg@ e' la inclinazione della scarpata sull'orizzontale	=	1,5	
K e' un coefficiente	K =	2	
per cui nel caso in esame il valore del peso del singolo masso W risulta =ton		6,61	

volume masso mc. 2,54
diametro sfera equivalente 1,69

Viene fornita peraltro una tabella di variazione dei valori di W al variare di A e di ctg@

	altezza d' onda incidente														
pendenza	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
1/1	1,24	1,97	2,94	4,18	5,74	7,63	9,91	12,60	15,74	19,36	23,49	28,18	33,45	39,34	45,88
1.5/1	0,83	1,31	1,96	2,79	3,82	5,09	6,61	8,40	10,49	12,91	15,66	18,79	22,30	26,23	30,59
2/1	0,62	0,98	1,47	2,09	2,87	3,82	4,96	6,30	7,87	9,68	11,75	14,09	16,72	19,67	22,94
2.5/1	0,50	0,79	1,17	1,67	2,29	3,05	3,96	5,04	6,30	7,74	9,40	11,27	13,38	15,74	18,35
3/1	0,41	0,66	0,98	1,39	1,91	2,54	3,30	4,20	5,25	6,45	7,83	9,39	11,15	13,11	15,29
3.5/1	0,35	0,56	0,84	1,19	1,64	2,18	2,83	3,60	4,50	5,53	6,71	8,05	9,56	11,24	13,11
4/1	0,31	0,49	0,73	1,05	1,43	1,91	2,48	3,15	3,93	4,84	5,87	7,04	8,36	9,84	11,47
4.5/1	0,28	0,44	0,65	0,93	1,27	1,70	2,20	2,80	3,50	4,30	5,22	6,26	7,43	8,74	10,20
5/1	0,25	0,39	0,59	0,84	1,15	1,53	1,98	2,52	3,15	3,87	4,70	5,64	6,69	7,87	9,18

categorie		
	1ª	da 50 kg a ton 1
	2ª	da ton 1.01 a ton 3.0
	3ª	da ton 3.01 a ton 7.0
	4ª	oltre 7.01 ton

pendenza	onda incidente prevista: 3
1/1	9,91
1.5/1	6,61
2/1	4,96
2.5/1	3,96
3/1	3,30
3.5/1	2,83
4/1	2,48
4.5/1	2,20
5/1	1,98

3. VERIFICA DI STABILITA' DEL RILEVATO

A completamento delle attività progettuali viene ora proposta la verifica della stabilità in opera della scarpata a contenimento dei materiali riportati costituente il rilevato in oggetto. Si propone la procedura di calcolo seguita e le varie assunzioni adottate nella circostanza.

Il territorio comunale di Spotorno è stato inserito dalla Regione Liguria in ottemperanza dell'Ordinanza relativa alle norme tecniche per le costruzioni in Zona Sismica e delle deliberazioni relative (OPCM/2006), in **Classe Sismica 3** ovvero in zone a bassa pericolosità sismica. Ne consegue che il valore di progetto dell'accelerazione sismica di picco orizzontale al suolo (P.G.A.) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, dovrà essere assunto pari a 0,150g.

Per quanto riguarda inoltre la definizione dell'azione sismica sui terreni costituenti il suolo di fondazione, il modello stratigrafico proposto è stato attribuito alla Categoria E, ne consegue pertanto che, per quanto riguarda la definizione dello spettro di risposta elastico, potranno essere assegnati i seguenti valori dei parametri necessari rispettivamente per le:

Componenti orizzontali

Cat. Suolo	S_S	T_B	T_C	T_D
E	1,25	0,15	0,50	2,00

Componenti verticali

Cat. Suolo	S_S	T_B	T_C	T_D
E	1,00	0,05	0,15	1,00

Come elemento base per il calcolo è stata utilizzata la disposizione geometrica riportata nella sezione di progetto integrandola con le considerazioni emerse nella valutazione stratigrafica del modello utilizzato, ovvero la sovrapposizione dei materiali riportati sul piano originario dei depositi di spiaggia preesistenti, impiegando inoltre i seguenti valori dei principali parametri geotecnici per ogni tipologia di terreno coinvolta (in particolare per l'acqua di mare, per puro arteficio necessario al funzionamento del programma utilizzato nel calcolo [ILA della Geoandsoft srl] è stato assegnato un valore infinitesimale della coesione la cui entità l'ha resa comunque ininfluente).

1) SCARPATA IN MASSI DI III CATEGORIA

Peso di volume	26 kN/m^3
Peso di volume ridotto tenendo conto dei vuoti (80%)	21 kN/m^3
Coesione	nulla
Angolo di attrito interno	47,5°

2) ACQUA DI MARE

Peso di volume	10 kN/m^3
Coesione	0,001 KpA
Angolo di attrito interno	nullo

3) CORPO DEL RILEVATO

Peso di volume	18,50 kN/m^3
Coesione	nulla
Angolo di attrito interno	38°

4) DEPOSITI DI SPIAGGIA PREESISTENTI

Peso di volume	18,00 kN/m^3
Coesione	nulla
Angolo di attrito interno	30°

In tale contesto sono state effettuate le verifiche di stabilità dell'opere di sostegno facendo riferimento alla vigente normativa sismica impiegando i parametri dell'azione sismica come indicati al paragrafo 6.

Nella circostanza per il calcolo delle forze agenti si è fatto riferimento alle "*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*" e, nella fattispecie, al paragrafo 2 che tratta dei "*Requisiti del sito di costruzione e del terreno di fondazione*" ove, in merito alla stabilità dei pendii, si afferma che risulta ammissibile verificarne il valore con metodi semplificati di tipo pseudo-statico dato che, come nel caso in esame, sia il profilo topografico, sia il profilo stratigrafico non presentano irregolarità marcate. Impiegando questa metodologia la stabilità di una massa di terreno delimitata dalla superficie libera e dalla più sfavorevole delle superfici di potenziale scorrimento può essere verificata utilizzando il valore delle forze di inerzia dovute all'azione sismica [sia in direzione orizzontale (F_H), sia verticale (F_V)] così determinate:

$$F_H = \pm 0{,}5 \cdot S \cdot S_t \cdot a_g \qquad F_V = \pm 0{,}5 \cdot F_H$$

dove S rappresenta il coefficiente di amplificazione ed a_g l'accelerazione orizzontale di ancoraggio pari 0,150g mentre S_t costituisce un coefficiente di amplificazione topografica che tiene conto della geometria del piano campagna; quest'ultimo nella circostanza, è stato assunto pari a 1 dato l'andamento pianeggiante del sito. Da cui le componenti delle forze di inerzia dovute all'azione sismica assunte sono pari a:

$$F_H = 0{,}09375 \qquad F_V = 0{,}046875$$

Nei calcoli è stata utilizzata la procedura suggerita da Sarma e come possibile cinematismo di dissesto è stato considerato lo scivolamento rotazionale prendendo come punto geometrico di riferimento il piede della scarpata di sostegno con falda presente con completa saturazione dei depositi di spiaggia sottostanti il rilevato.

Si riportano nei due tabulati allegati (rispettivamente indicante tutti i possibili cerchi di scivolamento calcolati e l'evidenziazione del valore minimo di sicurezza emerso pari a 1,98) dalla visione dei quali si ricava che, tenuto conto delle considerazioni assunte nella presente, non sussistono condizioni di rischio per un possibile evento critico della scarpata in massi.

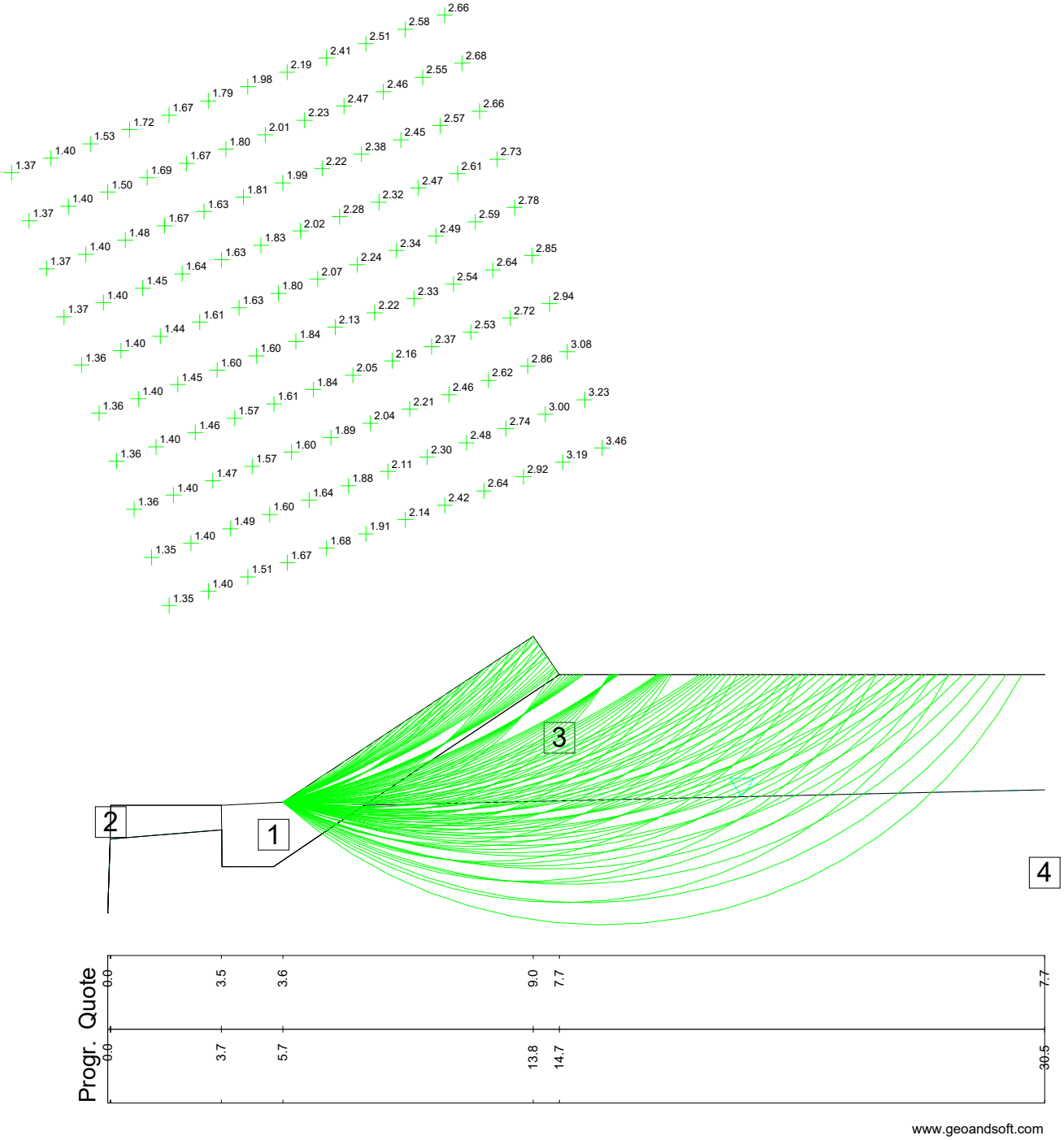
VERIFICA DI STABILITA' MASSICCIATA

Scivolamento rotazionale al piede
Falda presente - Fattori di sicurezza globali
Scala 1:200

Litotipo 1:	phi [°] = 47.5	c [kN/m²] = 0	gamma [kN/m³] = 21
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = .001	gamma [kN/m³] = 10
Litotipo 3:	phi [°] = 38	c [kN/m²] = 0	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 0	gamma [kN/m³] = 18

Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.09375 Comp. sismica vert.=.0046875

Metodo: Sarma



www.geoandsoft.com

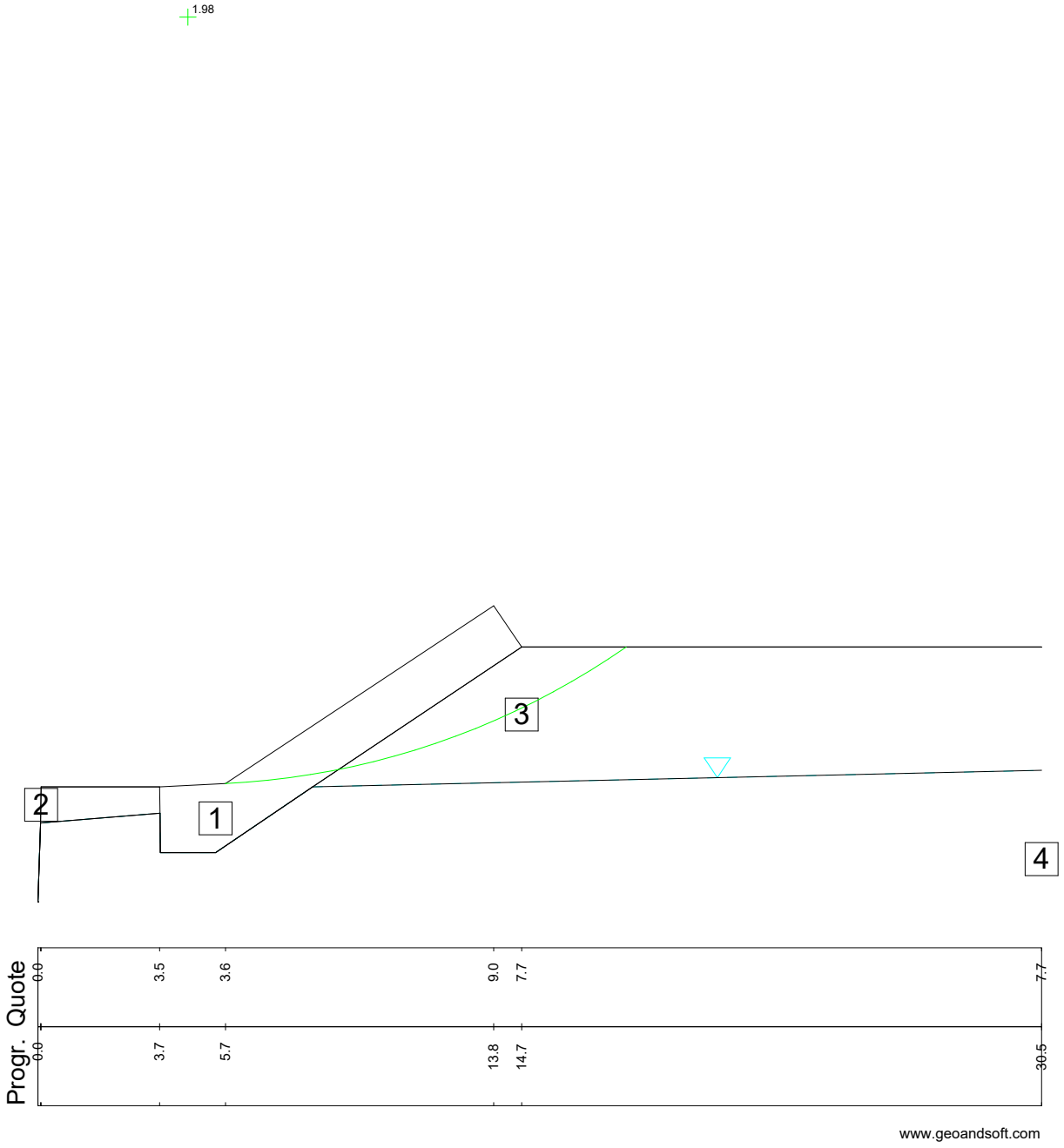
VERIFICA DI STABILITA' MASSICCIATA

Scivolamento rotazionale al piede - falda presente
Fattore di sicurezza minimo del corpo del rilevato
Scala 1:200

Litotipo 1:	phi [°] = 47.5	c [kN/m²] = 0	gamma [kN/m³] = 21
Litotipo 2:	phi [°] = 0	c [kN/m²] = .001	gamma [kN/m³] = 10
Litotipo 3:	phi [°] = 38	c [kN/m²] = 0	gamma [kN/m³] = 18.5
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 0	gamma [kN/m³] = 18

Gamma acqua [kN/m³] =10 Comp. sismica orizz.=.09375 Comp. sismica vert.=.0046875

Metodo: Sarma



www.geoandsoft.com